

VŠB – Technická univerzita Ostrava

**Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie**

Optimalizace výrobní linky

The Optimization of the Production Line

Student: Bc. Petr Smital
Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2009

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Petr Smital

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

2303T002 Strojírenská technologie

Téma:

**Optimalizace výrobní linky
The Optimization of the Production Line**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska organizačního, sortimentu, stávající technologie, efektivity výrobního procesu.
3. Vyhodnocení analýzy, specifikace požadavků na výrobek, výrobní proces, identifikace problémů.
4. Vlastní návrh řešení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

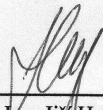
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.
- PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-10-19]. Dostupný z [www: <URL: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>](http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf).
- BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2
- HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- LÍBAL, V. A KOL. *Organizace a řízení výroby*. 7. vyd. Praha: SNTL 1989. 559s.
- VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1984. 588 s.
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1
- ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení. Cvičení II*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-0962-1

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

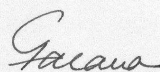
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 06. 10. 2008

Datum odevzdání: 22. 05. 2009



prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

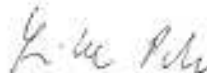
V Ostravě 20.5.2009


podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2009



Petr Smítal, Sokolská 584, Loštice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SMITAL, P. Optimalizace výrobní linky. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 40 s. Diplomová práce, vedoucí Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobní linky. Je zaměřena na optimalizaci montáže z hlediska zvýšení automatizace, produktivity práce a snížení času potřebného k vyrobení světlometu navržením nové koncepce montážní linky.

Cílem je navrhnout novou montážní linku automobilového světlometu, která by svou schopností produkce byla v porovnání se současnou metodou produktivnější.

ANNOTATION OF THESIS

SMITAL, P. The Optimization of the Production Line. Ostrava: Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2009, 40 p. Thesis, Head: Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

This work deals The Optimization of the of the Production Line. It's specialized on assembly optimization from the standpoint of improving automatization productivity on assembly line and cutting-down the time needed to produce a headlamp by proposing a new conception of assembly line.

Goal of this work is to create a model of headlamps assembly, which would be more productive in comparsion with the present methods.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	8
ÚVOD.....	9
1 CHARAKTERISTIKA SVĚTLOMETU	10
1.1 KONSTRUKČNÍ PRVKY SVĚTLOMETU.....	12
1.2 ZÁVĚRY Z BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	13
2 APLIKACE V PRAXI.....	15
3 POŽADAVKY NA VÝROBNÍ PROCES	17
3.1 VYHODNOCENÍ ANALÝZY	17
3.2 VÝROBNÍ PROCES A IDENTIFIKACE PROBLÉMU.....	19
4 NÁVRH NOVÉ MONTÁŽNÍ LINKY	20
4.1 MONTÁŽNÍ LINKA S PLNĚ AUTOMATIZOVANOU LEPICÍ STANICÍ	20
4.2 ROZBOR SPOTŘEBY ČASU PLNĚ AUTOMATIZOVANÉ LEPICÍ MONTÁŽNÍ LINKY	22
4.2.1 Spotřeba času nové lepicí montážní linky	23
4.2.2 Spotřeba času linky	24
4.2.3 Výpočet počtu kusů pro montáž podskupin	25
4.2.4 Výpočet ideálního počtu pracovníků pro montáž podskupin.....	26
4.2.5 Výpočet počtu kusů pro automatickou lepicí linku.....	28
4.2.6 Výpočet ideálního počtu pracovníků pro automatickou lepicí linku	28
4.2.7 Srovnání jednotlivých pracovišť 20 – 120 s automatickou lepicí linkou.....	29
4.2.8 Porovnání montážních linek	30
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ ÚČINNOSTI NAVRŽENÉHO MODELU	33
ZÁVĚR.....	35
LITERATURA.....	36
SEZNAM OBRÁZKŮ	37
SEZNAM TABULEK	38
SEZNAM GRAFŮ	39
SEZNAM PŘÍLOH	40

Seznam použitých symbolů a zkratek

ABS	Kopolymer akryl – butadien – styren
DE	Systém parabolických ploch reflektoru
FF	Systém volných ploch reflektoru
HDG	Hranice světlo tma
LPP	Označení termosetu
LWR	Prvek určený k nastavení polohy reflektoru
PA 6	Polyamid 6
PBT	Polybutyléntereftalát
PBT – GF20	Polybutyléntereftalát – Glass fieber (Polybutyléntereftalát s 20%
PBT – GF30	resp.30% skleněného vlákna)
PC	Polykarbonát
PP	Polypropylén
PP – GF30	Polypropylén – Glass fieber (Polypropylén s 20% skleněného vlákna)
PP – T40	Polypropylén s 40%-ní příměsí tlaku
PPN	Přírodní polypropylén
N	Počet kusů vyrobených za rok
t	Takt stroje [Nmin/ks]
E_s	Roční efektivní fond stroje [h/rok]
S_s	Směnnost strojního pracoviště
E_r	Roční fond ručního pracoviště [h/rok]
η	Součinitel časového využití stroje (0,8 – 0,9)
P_p	Počet pracovníků
t_k	Kusový čas [Nmin/ks]
k_{pn}	Koeficient překročení norem (1,1 – 1,3)

Úvod

Firma Hella autotechnik s. r. o., ve které pracuji se zabývá výrobou automobilových světlometů. V automobilovém průmyslu dochází k významným změnám. Nové modely vozidel vznikají ve stále se zrychlujících vývojových cyklech, což s sebou nese mimořádné požadavky na nové technologie a nový přístup ke kvalitě montáže, ať už subkomponentů či celých vozidel.

Změnou prošly v posledních letech i automobilové světlomety. Společně se světlomety musel přijít i vývoj montáže. Kromě vzrůstající technické úrovně je kladen stále větší důraz na automatizaci a vyšší produktivitu montážních linek. Plně automatizovaná výroba zajistí minimalizaci chyb, hlavně pomocí čidel, které mohou kontrolovat přesnost a kompletnost ve všech fázích výroby. Sledování výrobku se v automobilovém průmyslu stává standardem. Při stále se zpříšňující právní odpovědnosti za výrobky je nutné uchovávat úplné a přesné záznamy o každé části vozidla. [1]

I přes to, že jsou současné metody montáže pro stávající potřeby výroby „dostačující“ a výroba automobilových světlometů do značné míry automatizována, existuje zde stále ještě velký prostor pro vývoj automatizačních řešení, zejména s ohledem na globalizaci konkurenčního prostředí, změny v řetězcích tvorby hodnot, nové požadavky na lepší efektivitu nákladů a na pružnost ve výrobě a také s ohledem na rostoucí požadavky na individuální řešení vozidel.

Protože firma plánuje do budoucna navýšit produkci, bude se muset podíl automatizace na montáži zvýšit a bude potřeba optimalizovat výrobní program firmy.

Cílem mé diplomové práce, která úzce navazuje na mou práci bakalářskou, je optimalizovat stávající linku pro výrobu (montáž) světlometu Škoda A04 Fabia nebo provést takové změny, aby bylo možné dosáhnout vyšších objemů výroby, vyšší produktivity práce a vyšších zisků pro podnik.

1 Charakteristika světlometu

Světlomet (nazývaný podle své specifické funkční části též reflektor) je svítidlo, které slouží k směrovému osvětlení. V automobilovém průmyslu se používají světla dálková, tlumená, poziční a do mlhy. Potkávací i dálková světla musí být bílé barvy a mohou být sloučena do jednoho světlometu s jinými světly svítícími dopředu.

Světlomet se skládá z světelného zdroje umístěného v reflektoru, do kterého je zezadu zastrčená jedna nebo dvě objímky se žárovkou. Světlomety jsou opatřeny čirými kryty (krycí sklo). Kryt je z materiálu PC, který nemá rýhování. Čirá optika lépe využívá světelnou energii, a má tedy lepší účinnost. Světlomet je rozdělen na komory. Rozptylu světla se dosahuje tvarem reflexních ploch komor, které jsou samostatné pro jednotlivá světla, a mají tedy i samostatné žárovky pro světla potkávací, dálková, obrysová a do těles světlometů integrovaná směrová světla s oranžovými žárovkami. Při zapnutí světel dálkových zůstávají svítit i světla potkávací, čímž je docíleno mnohem lepšího osvětlení vozovky a tím i zlepšení bezpečnosti jízdy. Důležitou součástí světlometu je reflektor, který zajišťuje koncentraci světla v požadovaném směru. Rozložení světla ve světelném kuželu se řídí tvarem a polohou zdroje světla, tj. svítícího vlákna, vzhledem k ose a ohnisku zrcadla, clonami a tvarováním krycího skla, jímž světlo ze světlometu vystupuje.

Reflektor se dříve vyráběl z ocelového plechu, v poslední době jsou však vzhledem k tomu, že tvar odrazových ploch je velmi složitý, stále více používány plasty. Světelná účinnost závisí nejen na tvaru odrazové plochy, ale také na jejím povrchu, který musí být hladký, trvanlivý, s malou pohltivostí a musí dobře odrážet světelné paprsky. Dříve užívané postříbřené a leštěné odrazové plochy jsou dnes nahrazovány plochami s hliníkovou vrstvou napařenou ve vakuu, na které je nanesen ochranný lakový nebo křemenný povlak. [7]

Jelikož se světelná technika stále vyvíjí, začaly se v současné době používat systémy reflektorů s volnými plochami tzv. FF, systémy eliptických reflektorů tzv. DE a reflektorů Super DE. Novými technologiemi dnes dokážeme vyrobit světlomet s volně definovanou plochou v prostoru a také se používají kvalitnější materiály jednotlivých konstrukčních prvků, které umožní např. integraci mlhových a směrových světel přímo do světlometu. Moderní design dnes světlometům dodávají i xenonové výbojky, které plní požadavky jak na druh světla, tak i na jeho intenzitu. Tyto světlomety mají v porovnání s halogenovými

vyšší světelný tok se specificky přizpůsobeným rozdělením svítivosti a tím zajišťují lepší viditelnost okraje vozovky. Jelikož mají xenonové výbojky 2,5krát větší světelnou intenzitu a nedochází u nich k náhlým výpadkům jako u žárovek s vláknem, je to možná také důvod proč se stále více nových automobilů vyrábí s „xenony“.

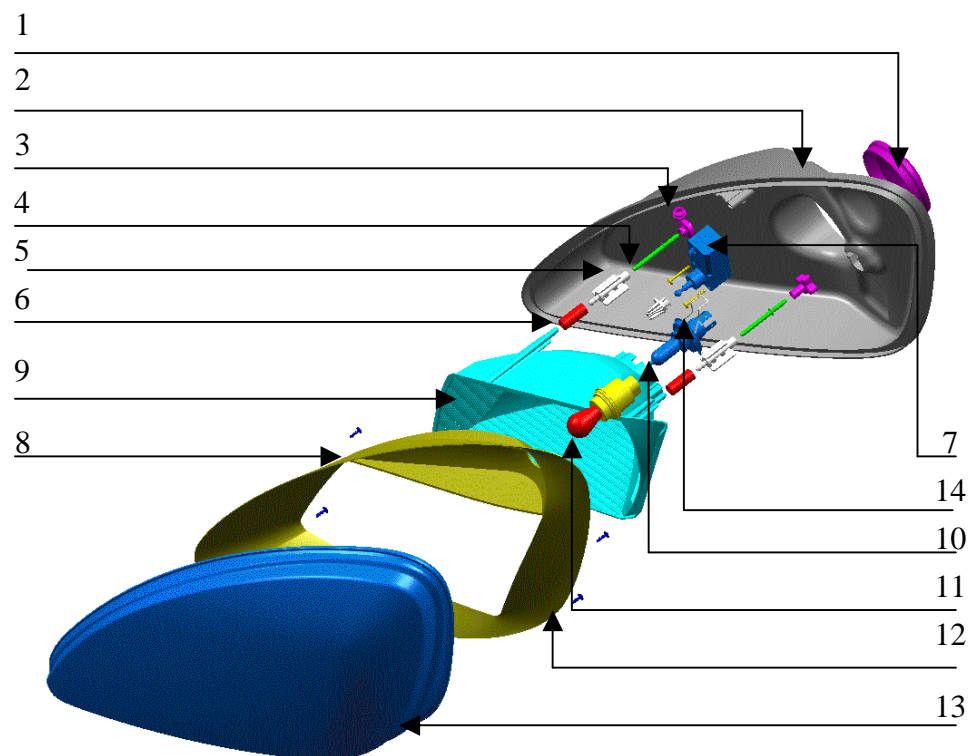
Velmi rozšířené jsou v dnešní době i tzv. adaptivní světlomety, ve kterých se světla mohou natáčet spolu s otočením volantu. Dokonce existují i doplňkové funkce k těmto světlometům jako je například adaptivní distribuce světla pro různé podmínky (špatné počasí, jízda na dálnici atd.) Světlomety nové generace dokážou měnit své charakteristiky dle toho, zda vůz jede po běžných silnicích, po dálnici, ve městě a přizpůsobují se i aktuálním klimatickým podmínkám.

Jak budou v dalších letech osvětleny vozovky je v představě designérů, kteří tak mohou vymýšlet zcela nové tvary předních částí automobilů. Samozřejmě nelze vyloučit ani nástup světel, kde dojde k oddělení zdroje světla od finálního světelného výstupu na dnes obvyklém místě na přední auta. Mohou se objevit podpůrné systémy nočního vidění Night Vision, založený na snímání infračerveného spektra záření. Díky speciálním laserovým světlometům, které osvětlují vozovku infračerveným světlem, jehož obraz snímá videokamera, může řidič vidět výsledný obraz na skle čelního okna, který se promítá prostřednictvím displeje.

Dnes je možné podle použitelného prostoru v karosérii automobilu zkonstruovat světlomet na přání zákazníka, ve kterém budou integrovány všechny potřebné prvky k dosažení co nejvyšší komplexnosti světlometu.

1.1 Konstrukční prvky světlometu

Na obr. 1 je znázorněn rozpad modelového světlometu s integrovaným směrovým světlem na jednotlivé konstrukční prvky. [3]



Obr. 1 Modelový rozpad světlometu

Legenda:

- | | |
|---|----------------------|
| 1. Krytka | |
| 2. Pouzdro | |
| 3. Díl pohonu | |
| 4. Šroub pohonu | |
| 5. Kloub pohonu | } součásti
pohonu |
| 6. Pryžový kloubek | |
| 7. LWR prvek | |
| 8. Krycí rám s reflektorem směrového světla | |
| 9. Reflektor | |
| 10. Žárovka tlumeného / dálkového světla | |
| 11. Žárovka směrového světla | |
| 12. Fixační šrouby | |
| 13. Krycí sklo | |
| 14. Objímka žárovky | |

1.2 Závěry z bakalářské práce

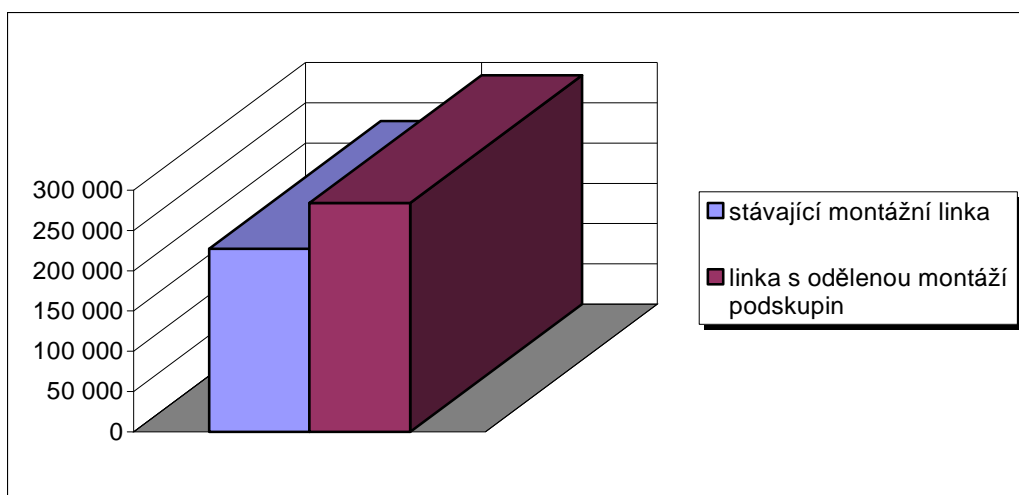
V bakalářské práci jsem řešil navržení nového modelu montážní linky a její optimalizaci. Ze tří navržených montážních linek vyšla nejlépe linka s oddělenou montáží podskupin. Tato linka byla přínosem pro podnik z hlediska zvýšení automatizace a menšího počtu lidí. Kvůli zvýšení automatizace se ovšem zvýšily pořizovací náklady linky. Ke standardním pracovištím přibyl dopravníkový pás, 2 roboti a řídicí systém celé lepící stanice. Nevýhodou montážní linky s oddělenou montáží podskupin byl složitý tok materiálu, kterému jsem se v této práci nevěnoval a navýšení nákladů na skladování.

Porovnáním rozdílu počtu kusů s výsledným ziskem z tohoto rozdílu a náklady na zhotovení automatické lepící stanice nebylo přesné z hlediska toho, že se počítalo pouze s předkalkulovanými cenami. Z předchozího porovnání vyplynulo, že při stejném počtu pracovníků se produkce zvýšila ročně o 25%. Při stejném počtu kusů se snížil počet pracovníků o 20%.

Dle důvěrných informací firmy Hella Autotechnik s.r.o. by byla návratnost navržené metody do jednoho roku. Rozdíl počtu kusů je znázorněn v tab. 1 a grafu 1.

Tab. 1 Porovnání montážních linek

Linka	Počet vyrobitelných kusů ročně	Počet pracovníků
Stávající linka	226 560	10
Linka s oddělenou montáží podskupin	226 560	8
Linka s oddělenou montáží podskupin	283 200	10
Rozdíl počtu pracovníků		2
Rozdíl počtu kusů	56 640	



Graf 1 Porovnání možnosti výroby počtu kusů při počtu deseti pracovníků

Závěry bakalářské práce:

Na současné montážní lince vyrobí deset pracovníků 226 560 světlometů ročně.

Byly namodelovány tři montážní linky:

- spojitá montážní linka,
- montážní linka s oddělenou montáží podskupin,
- spojitá montážní linka s oboustrannou lepící stanicí a automatickou kontrolou.

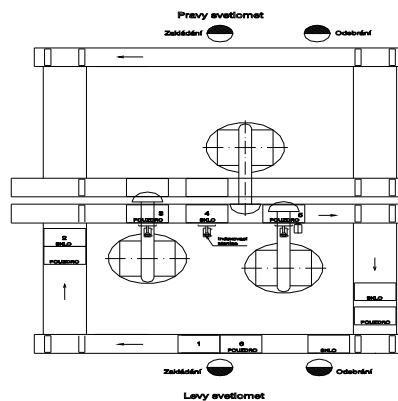
Na spojitě montážní lince byla maximální produkce při deseti pracovnících 259 600 kusů ročně. V porovnání se současnou montážní linkou byla produktivnější.

Na montážní lince s oddělenou montáží podskupin byla maximální produkce při deseti pracovnících 283 200 kusů ročně. Ve srovnání s montážní linkou spojitou se liší nižšími náklady na přípravy. Dalším rozdílem bylo méně pracovníků při nižší produkci. Oproti současné lince byla samozřejmě produktivnější.

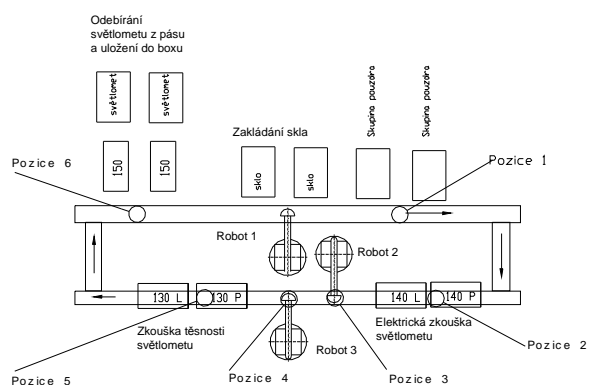
Na spojitě montážní lince s oboustrannou lepící stanicí a automatickou kontrolou byla maximální produkce při 22 pracovnících. V produkci tato linka značně převyšovala ostatní linky. Při nižších počtech pracovníků ovšem produkovala méně kusů než dvě předchozí linky.

2 Aplikace v praxi

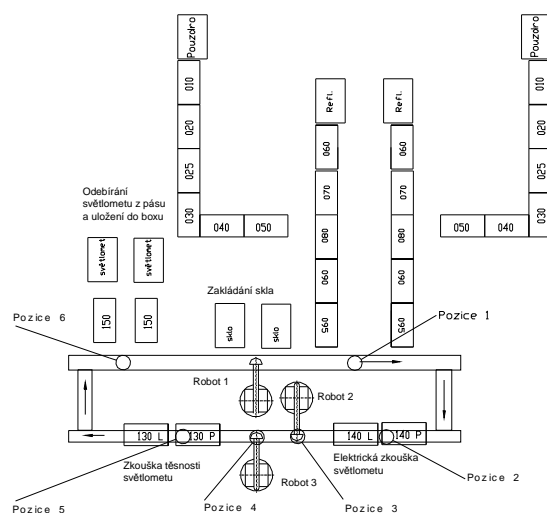
Byly namodelovány tři montážní linky:



Obr. 2 Oboustranná lepicí stanice vyrobí při deseti lidech 251 226 ks



Obr. 3 Linka s oddělenou montáží podskupin vyrobí při deseti lidech 283 200 ks



Obr. 4 Spojitá montážní linka vyrobí při deseti lidech 259 600 ks

V praxi se aplikovala montážní linka s oddělenou montáží podskupin. Je založena na stejném principu jako linka pro malé série s tím rozdílem, že montáž podskupin probíhá separátně na jiném místě. Probíhá na montážních pracovištích, které jsou řešeny jako univerzální pro pravou i levou stranu pomocí výměnných zakládacích přípravků. Druhý podstatný rozdíl je v délce dopravníkového pásu, který je kratší a tudíž umožňuje zkrácení taktu. I u této metody je pracoviště 100 umístěno u pokovovacího zařízení.

Na pás se zakládá celá skupina pouzdra a reflektoru (již spojená), která projde nejprve elektrickou zkouškou, poté lepicí stanicí a stejně jako u předchozí montáže zkouškou těsnosti. Díky univerzálním pracovištím pro montáž podskupin došlo ke snížení počtu pracovníků. Z hlediska použití robotů se zvýšil podíl automatizace a zkrátil se i takt. Co bylo vyšší, byly náklady na balení, protože po montáži podskupin se tyto musely zabalit, aby nedošlo k jejich zaprášení či jinému poškození a tím nárůstu zmetkovitosti.

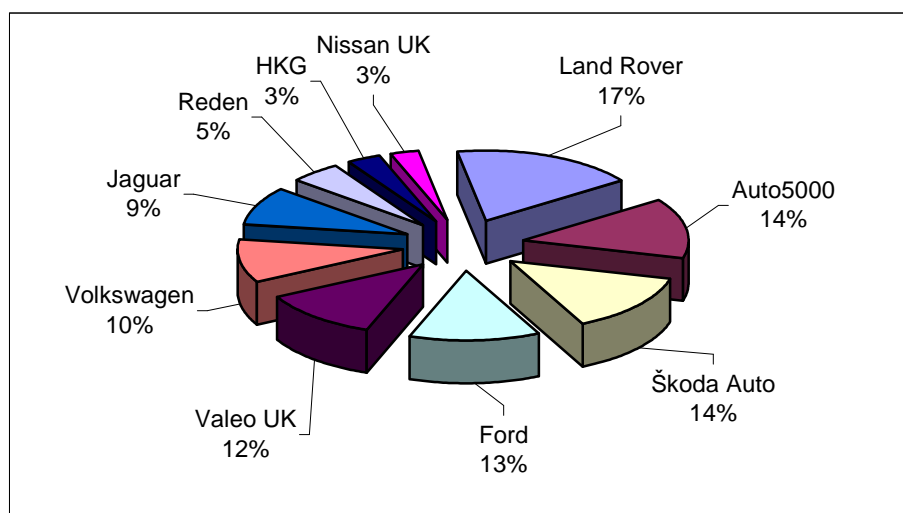
Linka s oddělenou montáží podskupin je schematicky znázorněna na obr. 3.

3 Požadavky na výrobní proces

3.1 Vyhodnocení analýzy

Naše firma dosáhla v prvním čtvrtletí roku 2009 pozitivního výsledku i přes pokračující celosvětovou hospodářskou krizi. Dosažené čtvrtletní výsledky mírně překročily naše odhady, a to zejména díky šrotovnému v některých zemích. Vyhledky do budoucna však nadále zůstávají nejisté a zatížené značnými riziky kvůli celosvětové krizi, ale jsem přesvědčen, že díky našemu programu na zlepšení hospodářského výsledku se nám podaří udržet si finanční sílu a stabilitu a i v krizovém období dosáhneme přiměřené ziskovosti.

Za období od ledna do března 2009 dodala Hella zákazníkům celkem 930 694 světlometů. Prodej k jednotlivým zákazníkům v tomto období jsem vyjádřil v procentech viz graf 2. Také objem došlých objednávek byl od ledna do března zhruba 5 % nad úroveň roku 2008. Velmi pozitivní vývoj se projevuje v současné době v objednávkách došlých od společnosti Škoda Auto a Ford. Velký zájem mají zákazníci především o světlomety Škoda Fabia, Roomster a Ford Fiesta.

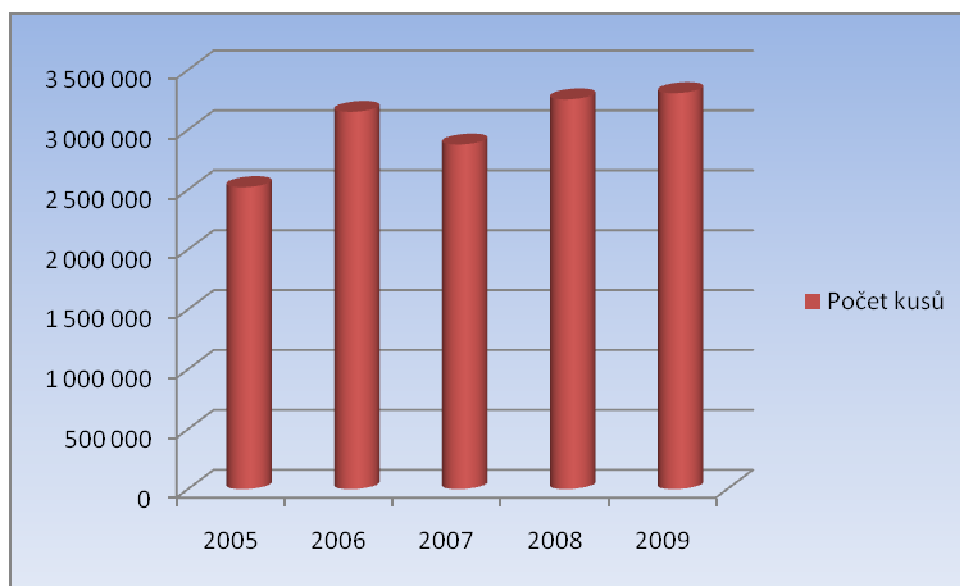


Graf 2 Objem prodeje zákazníkům od ledna do března 2009

Pro názornost zde uvádím tab. 2, která vyjadřuje počet vyrobených světlometů za poslední 4 roky.

Tab. 2 Výroba světlometů v jednotlivých letech
včetně předpokladu pro rok 2009

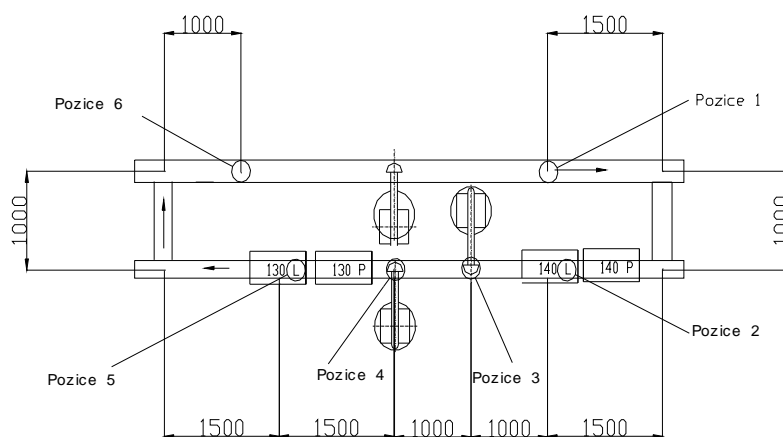
Rok	Počet kusů
2005	2 521 662
2006	3 150 412
2007	2 877 698
2008	3 254 842
2009	3 307 079



Graf 3 Výroba světlometů v jednotlivých letech včetně předpokladu pro rok 2009

3.2 Výrobní proces a identifikace problému

Linka s oddělenou montáží podskupin byla zavedena v našem závodě viz obr. 5. Tato linka vyrobila ročně 283 200 ks při deseti pracovnících viz tab. 6, ale po roce provozu se zjistilo, že je nutné tuto linku dále vylepšit, jelikož novým trendem u montážních linek je vyšší produkce tzn. větší podíl automatizace a také úspora místa, avšak tato linka v současné době tyto požadavky nesplňuje. Z těchto důvodů je navržena nová lepicí montážní linka, která má tyto nedostatky minimalizovat, nebo úplně odstranit viz obr. 6.



Obr. 5 Lepicí stanice s oddělenou montáží podskupin

4 Návrh nové montážní linky

V této kapitole bude nastíněna nová metoda montáže, jejím úkolem bude snížení délky taktu, tím pádem zvýšení počtu vyrobených kusů, snížení počtu pracovníků a v neposlední řadě zvýšení automatizace.

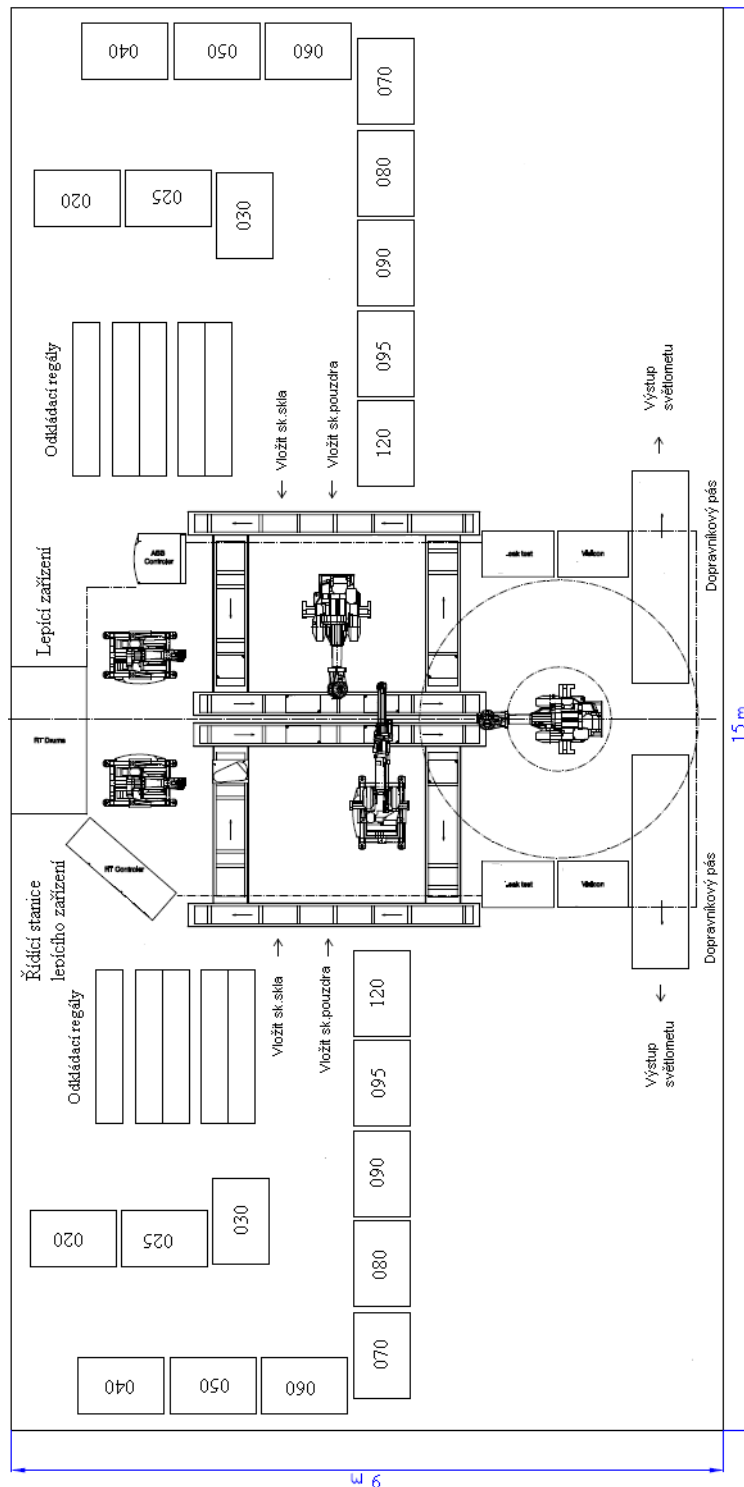
Hlavním hlediskem pro modelování nové montážní linky je počet vyráběných kusů. Nové schéma počítá s tím, že pracoviště umístěná mimo linku se vrátí zpět k plně automatizované lepicí stanici viz obr. 6.

4.1 Montážní linka s plně automatizovanou lepicí stanicí

Je založena na stejném principu jako linka pro malé série s tím rozdílem, že montáž podskupiny pouzdra operace 010 a podskupiny skla operace 100 probíhá separátně na jiném místě. Probíhá na montážních pracovištích, které jsou řešeny jako univerzální pro pravou i levou stranu pomocí výměnných zakládacích přípravků. Tato linka bude opatřena novým lepicím zařízením, které bude osazeno pěti roboty. Dva roboti budou nanášet lepicí tmel do drážky pouzdra, další robot bude zakládat skupinu krycího skla na skupinu pouzdra po nanesení lepicího tmelu a čtvrtý robot bude současně se založením skla aretovat jeho polohu vůči skupině pouzdra pomocí hřebů (spon). Pátý robot slouží jako manipulační zařízení, kdy odebere světlomet z dopravníkového pásu a postupně vloží do plně automatizovaných pracovišť pro elektrickou zkoušku a zkoušku těsnosti a následně odloží na dopravníkový pás. Z dopravníkového pásu pracovníce světlomet vyjme a provede finální kontrolu světlometu a jeho uložení do palety. [4]

Díky univerzálním pracovištím pro montáž podskupin předpokládám, že dojde ke snížení počtu pracovníků. Z hlediska použití robotů se zvýší podíl automatizace a zkrátí se i takt. Vyšší budou náklady na automatické lepicí zařízení díky použití pěti robotů. Navrhl jsem dispoziční řešení linky s plně automatizovanou lepicí stanicí viz obr. 6.

Pro tuto linku bych použil roboty od firmy ABB na základě doporučení mateřské firmy Hella Lipstadt, kde se tyto typy robotů dlouhodobě používají.



Obr. 6 Linka s plně automatizovanou lepicí stanicí

Tím, že jsem navrhl toto dispoziční řešení lepicí stanice, se zmenší délka dopravníkového pásu a tím se zkrátí i takt jednotlivých operací. Nově navržená plně automatizovaná lepicí stanice bude mít délku dopravníkového pásu 9,4 m viz obr. 6.

Linka s oddělenou montáží podskupin má délku dopravníkového pásu 15 m viz obr. 5.

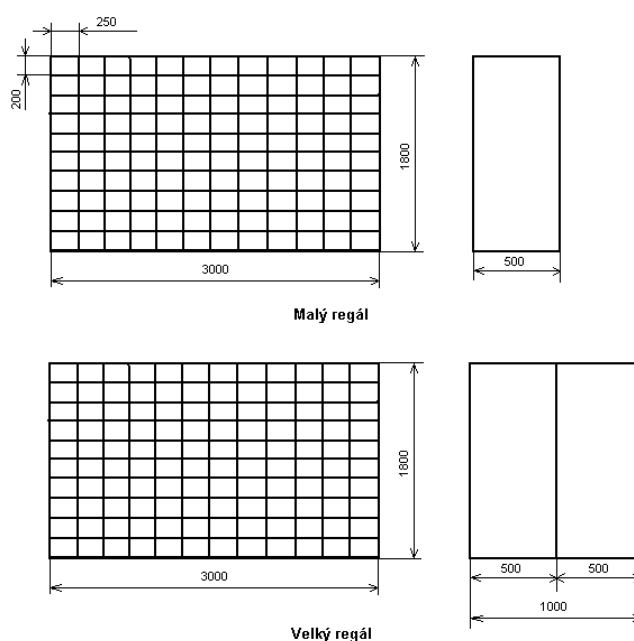
4.2 Rozbor spotřeby času plně automatizované lepicí montážní linky

Zásadní rozdíly mezi optimalizovanou lepicí montážní linkou a linkou s oddělenou montáží podskupin z bakalářské práce jsou:

- v kratší dráze dopravníkového pásu,
- v použití 5 robotů,
- pracoviště 010 je přesunuto na předmontáž k lisovacímu stroji,
- pracoviště 20 -120 je umístěno u linky.

V zásadě jsou takty pracovišť stejné, s tím rozdílem, že u pracoviště 50 a 120 není navýšen takt o 10 sekund pro uložení skupiny do palety a zabalení, jelikož se celá skupina (pouzdro a reflektor) odkládá do připraveného odkládacího regálu viz obr. 6. Do těchto regálů je možné uložit 600 ks. Na každé straně linky budou tyto regály v počtu tří kusů. Dva velké regály, do kterých se uloží 480 kusů a jeden menší regál, do kterého se uloží 120 kusů. Rozměry jsou uvedeny viz obr. 7. Náklady na pořízení odkládacích regálů viz tab. 8.

Dříve nebyly tyto pracoviště součástí linky a bylo nutné vyrobené skupiny zabalit, aby nedošlo k jejich poškrábání a zaprášení. Takt bude jiný u automatické lepicí stanice, kde bude záležet na rychlosti dopravníkového pásu, taktu funkčních zkoušek a lepení.



Obr. 7 Schematické znázornění malého a velkého odkládacího regálu

4.2.1 Spotřeba času nové lepicí montážní linky

Toto pracoviště vyžaduje podrobnější rozbor spotřeby času. Skládá se z dopravníkového pásu, na kterém jsou umístěny zakládací přípravky na skupinu pouzdra a skupinu skla. Přípravek umístěný na vozíku s touto skupinou putuje do pracovního prostoru, kde jako první přijede k lepicímu robotu, který do drážky pouzdra nanese lepicí tmel. Po nanesení lepicího tmelu se posune přípravek k robotu 3, kde robot vloží skupinu skla na skupinu pouzdra, drží ho v dané pozici a čeká na robota 4, který v momentě založení skupiny skla začne pomocí spon zajišťovat polohu skla vzhledem k pouzdru. Jakmile je operace ukončena, vozík se posune k robotu 5, který světlomet vyjme ze zakládacího přípravku a vloží do automatického pracoviště elektrické zkoušky. Po provedení této zkoušky světlomet předá na pracoviště, kde proběhne automaticky zkouška těsnosti. Po provedení této zkoušky robot 5 světlomet vyjme a odloží ho na dopravníkový pás. Po dopravníkovém pásu se světlomet posune na konečné pracoviště, kde obsluha světlomet vyjme z dopravníkového pásu a po finální kontrole vloží do palety.

Takt tohoto sdruženého automatizovaného pracoviště záleží na nejdelší operaci. Tzn. doba, za kterou se přípravek fyzicky přesune k další operaci plus doba, za kterou se operace provede.[3]

Rychlost jakou se přípravek pohybuje po dopravníku je $18\text{m.min}^{-1} = 0,3\text{ m.s}^{-1}$. S touto rychlostí budeme počítat pro výpočet taktu. Měření a výpočty viz příloha 1. [2]

Mnou provedená měření a výpočty jsou v příloze 1 a byly uvedeny v tab. č. 3 a tab. č. 4.

4.2.2 Spotřeba času linky

Tab. 3 Spotřeba času montáže podskupin

Operace	Popis operace	Takt [s]
020	Pouzdro vložit do přípravku, protáhnout skupinu vodičů otvorem v pouzdře, nasadit tělo zásuvky do otvoru v pouzdře a zalisovat ručním lisem. Díl vyjmout a odložit.	20
025	Dva kontakty směrového světla nasadit do prolisů v pouzdře, kontakty rozlisovat na trnu, pouzdro vložit do přípravku, namontovat LWR. Díl vyjmout a odložit.	31,5
030	Pouzdro vložit do přípravku, založit samořezný plastový šroub s vnějším šestihranem do šroubovacího zařízení. Založit šroub s vnitřním šestihranem do šroubovacího zařízení a zařízení spustit. Díl vyjmout a odložit.	26
040	Reflektor směrového světla založit do přípravku, do reflektoru založit nosič clonky a zalisovat ručním lisem. Díl vyjmout a odložit.	18
050	Reflektor směrového světla vložit do přípravku, pouzdro založit do přípravku. Po zkontaktování proběhne elektrická zkouška, při správném propojení kontaktů se spustí šroubovák, který zašroubuje dva šrouby. Díl vyjmout a odložit.	25
060	Přítlačné pero namontovat ručním lisem na objímku H3. Reflektor založit do přípravku, usadit objímku a přišroubovat třemi šrouby k reflektoru, namontovat Žárovku H3. Díl vyjmout a odložit.	36
070	Reflektor založit do přípravku, usadit objímku do lis. nástroje a zalisovat, namontovat pero H7, vložit žárovku H7, zajistit perem. Díl vyjmout a odložit.	27,5
080	Reflektor vložit do přípravku, plastový kloub nasunout do drážky v horní části přípravku, gumový kloub nasunout do držáků. Zařízení spustit, ručně namontovat kloub pro LWR. Díl vyjmout a odložit.	31
090	Pouzdro vložit do přípravku, protočit stavěcí šrouby, do pouzdra vsunout reflektor, sešroubovat na nulovou polohu. Nacvaknout LWR kloub do reflektoru. Díl vyjmout a odložit.	27,5
095	Pouzdro vložit do přípravku žárovku pozičního světla zasunout do objímky, objímku vsunout do reflektoru, montovat žárovky H3, H7 a LWR, propojit s objímkami. Díl vyjmout a odložit.	26
120	Pouzdro založit do přípravku, namontovat šroub, zacvaknout krytku. Žárovku směrového světla namontovat do objímky, skupinu namontovat do pouzdra. Díl vyjmout a odložit.	22,5
Celkem		291
Nmin/ks		4,9

4.2.3 Výpočet počtu kusů pro montáž podskupin

Při kapacitních výpočtech výrobních linek je základním parametrem takt (doba, za kterou linka vyprodukuje hotový výrobek, dílec nebo součást, jedná se tedy o časový interval mezi dokončením dvou po sobě následujících součástí). Pomocí taktu nejdelšího pracoviště lze určit, počet ročně vyrobitelných výrobků.[2]

$$N = \frac{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot \eta}{t} \quad [ks / rok] \quad (1)$$

$$E_r = 251 \cdot 7,5 = 1883 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$E_s = 1883 - (0,06 \cdot 1883) = 1770 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$N = \frac{60 \cdot 1770 \cdot 2 \cdot 0,8}{0,6} = 283\,200 \text{ ks} / \text{rok}$$

Pro výpočet byl využit takt operace 060, která je součástí montáže podskupin. Tudíž tato operace evidentně zdržuje takt linky. [5]

Npočet kusů vyrobených za rok

ttakt stroje [Nmin/ks]

E_sroční efektivní fond stroje [h/rok]

S_ssměnnost strojního pracoviště [2 směny]

ηsoučinitel časového využití stroje (0,8 ÷ 0,9)

$$E_s = E_r - 0,06 \cdot E_r \quad (2)$$

E_rroční fond ručního pracoviště [h/rok]

Při výpočtu ročního fondu pracoviště počítáme s tím, že stroj je 12 dnů odstaven z důvodu plánované opravy údržby, 3 dny z důvodu poruchy (neplánované opravy), což činí asi 6% z celkového počtu pracovních dnů. Roční časový fond není ovlivněn v případě, že pracovníci mají dovolenou, nemocenskou nebo jinou pracovní překážku, jelikož v našem podniku je za tyto pracovníky náhrada.

4.2.4 Výpočet ideálního počtu pracovníků pro montáž podskupin

$$P_p = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot s_s \cdot E_s \cdot k_{pn}} \quad (3)$$

P_ppočet pracovníků

t_kkusový čas [Nmin/ks]

k_{pn}koeficient překročení norem (1,1 – 1,3)

Výpočet počtu pracovníků pro montáž podskupin:

$$P_p = \frac{4,9 \cdot 283200}{60 \cdot 2 \cdot 1770 \cdot 1,1} = 5,9 \approx 6 \text{ pracovníků} \quad (4)$$

Výpočet počtu pracovníků pro maximální počet vyrobených kusů pro montáž podskupin:

$$P_p = \frac{4,9 \cdot 424800}{60 \cdot 1770 \cdot 2 \cdot 1,1} = 8,9 \approx 9 \text{ pracovníků} \quad (5)$$

Tab. 4 Spotřeba času automatické lepicí stanice

Takt automatické lepicí stanice fungující pro obě strany		
1	Ofouknout ionizovaným vzduchem, založit skupinu pouzdra a reflektoru do přípravku na vozíku, do přípravku pevného založit sklo, odstartovat cyklus.	12
1	Ofouknout ionizovaným vzduchem, založit skupinu pouzdra a reflektoru do přípravku na vozíku, do přípravku pevného založit sklo, odstartovat cyklus.	12
2	Dojetí do pozice 2, proběhne ošetření plazmou a nanesení lepicího tmelu.	15
2	Dojetí do pozice 2, automatická elektrická a prosvětlovací zkouška.	36
3	Dojetí do pozice 3, vložení skupiny skla do skupiny pouzdra, kde robot vloží skupinu skla na skupinu pouzdra, drží ho v dané pozici a čeká na robota 4, který v momentě založení skupiny skla zajistí pomocí spon polohu skla vzhledem k pouzdru.	23,5
3	Dojetí do pozice 3, nanesení lepidla.	19
4	Dojetí do pozice 4	6
4	Dojetí do pozice 4, založení skla, aretace pomocí C-per.	15
5	Robot 5, světlomet vyjme ze základacího přípravku a vloží do automatického pracoviště elektrické zkoušky.	4
5	Dojetí ke zkoušce těsnosti (pozice 5) provedení zkoušky.	26,5
6	Automatické pracoviště elektrické zkoušky	15,5
6	Dojetí do koncové pozice (pozice 6), vyjmout a odložit.	14
7	Po provedení této zkoušky světlomet předá na pracoviště pro automatickou zkoušku těsnosti.	4
7	Montovat těsnění, vizuálně kontrolovat, odložit do palety.	25,5
8	Automatické pracoviště zkoušky těsnosti	19
9	Po provedení této zkoušky robot 5 světlomet vyjme a odloží ho na dopravníkový pás.	4
10	Odebrání z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety.	17
Celkem za operace 1 -10		120
Celkem za operace 1 -7		148
Nmin/ks		2

Poznámka: Modře označené popisy znázorňují takty u linky s oddělenou montáží podskupin z bakalářské práce.

4.2.5 Výpočet počtu kusů pro automatickou lepicí linku

$$N = \frac{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot \eta}{t} \quad [ks / rok] \quad (6)$$

$$E_r = 251 \cdot 7,5 = 1883 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$E_s = 1883 - (0,06 \cdot 1883) = 1770 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$N = \frac{60 \cdot 1770 \cdot 2 \cdot 0,8}{0,4} = 424800 \text{ ks} / \text{rok}$$

Pro tento výpočet byl využit takt operace 3, která je součástí automatizované lepicí stanice pro obě strany montážní linky. Tudíž tato operace evidentně zdržuje takt linky. [5]

4.2.6 Výpočet ideálního počtu pracovníků pro automatickou lepicí linku

$$P_p = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot S_s \cdot E_s \cdot k_{pn}} \quad (7)$$

Výpočet počtu pracovníků podle počtu kusů vyrobených na lince s oddělenou montáží podskupin:

$$P_p = \frac{2 \cdot 283200}{60 \cdot 2 \cdot 1770 \cdot 1,1} = 2,3 \approx 2 \text{ pracovníci} \quad (8)$$

Výpočet počtu pracovníků pro maximální počet vyrobených kusů nové automatizované lepicí linky:

$$P_p = \frac{2 \cdot 424800}{60 \cdot 1770 \cdot 2 \cdot 1,1} = 3,6 \approx 4 \text{ pracovníci} \quad (9)$$

4.2.7 Srovnání jednotlivých pracovišť 20 – 120 s automatickou lepicí linkou

Při dvousměnném provozu (tzn. 15hod/den) se vyrobí ročně 424 800 kusů na automatické lepicí stanici. Souhrn pracovišť 20-120, které jsou k ní připojeny, vyrobí při dvousměnném provozu (tzn. 15hod/den) 283 200 kusů za rok. Aby nedošlo k zastavení automatické lepicí linky a linky vyráběly stejné množství kusů, je nutné navýšit u pracovišť 20-120 výrobu o jednu směnu za den (22,5 hod/den) viz výpočet (11) a tab. 5.

$$N = \frac{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot \eta}{t} \quad [ks / rok] \quad (10)$$

$$E_r = 251 \cdot 7,5 = 1883 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$E_s = 1883 - (0,06 \cdot 1883) = 1770 \text{ hod} / \text{rok}$$

$$N = \frac{60 \cdot 1770 \cdot 3 \cdot 0,8}{0,6} = 424800 \text{ ks} / \text{rok}$$

$$X = \frac{A \cdot B}{C} \quad [hod] \quad (11)$$

$$X = \frac{15 \cdot 424800}{283200} = 22,5 \text{ hod}$$

X.....počet hodin

A.....počet hodin za den (2 směny)

B.....maximální počet kusů automatické lepicí stanice [ks/rok]

C.....maximální počet kusů na pracovištích 20-120 [ks/rok]

Tab. 5 Porovnání automatické lepicí linky a pracovišť 20 -120

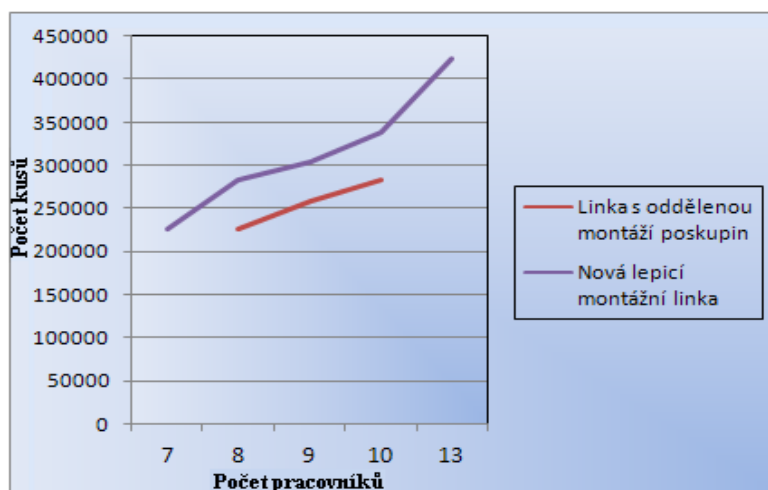
Název	Čas (h)	Počet vyrobených ks/rok
Automatická lepicí linka	15	424 800
Pracoviště 20 -120	15	283 200
Pracoviště 20 -120	22,5	424 800

4.2.8 Porovnání montážních linek

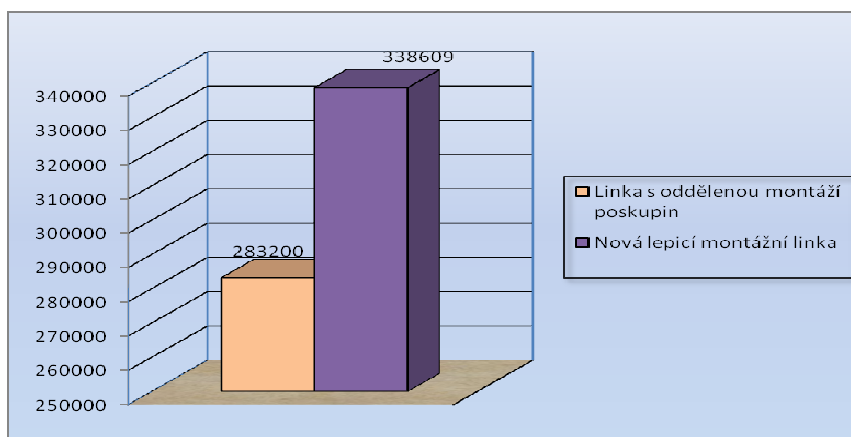
Vypočtené hodnoty nové automatizované lepicí montážní linky a vypočtené hodnoty z bakalářské práce jsem dosadil do tab. 6, kde můžeme vidět, která montážní linka je produktivnější.

Tab. 6 Porovnání montážních linek

	Počet pracovníků				
	7	8	9	10	13
	počet kusů				
Linka s oddělenou montáží podskupin		226560	259600	283200	
Optimalizovaná lepicí montážní linka	226560	283200	304748	338609	424800



Graf 4 Porovnání montážních linek



Graf 5 Počet vyrobitelných světlometů na příslušných linkách při 10 pracovnících

V tab. 7 jsem doplnil varianty, jak mohou obsluhovat pracovníci jednotlivá pracoviště.

Tab. 7 Přidělení pracovníků k jednotlivým pracovištím

Optimalizovaná lepicí montážní linka	
Počty pracovníků	Varianty rozmístění pracovníků k jednotlivým pracovištím
7	1. pracovník – operace 020, 025 2. pracovník – operace 030, 040, 050 3. pracovník – operace 060, 070 4. pracovník – operace 080, 090 5. pracovník – operace 095, 120 6. pracovník – vkládání skupin do přípravku na dopravníkový pás u automatické lepicí stanice 7. pracovník – odebrání světlometu z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety u aut. lepicí stanice
8	1. pracovník – operace 020, 025 2. pracovník – operace 030, 060 3. pracovník – operace 040, 050 4. pracovník – operace 070 5. pracovník – operace 080, 090 6. pracovník – operace 095, 120 7. pracovník – vkládání skupin do přípravku na dopravníkový pás u automatické lepicí stanice 8. pracovník – odebrání světlometu z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety u aut. lepicí stanice
9	1. pracovník – operace 020, 025 2. pracovník – operace 030 3. pracovník – operace 040, 050 4. pracovník – operace 060 5. pracovník – operace 070, 080 6. pracovník – operace 090 7. pracovník – operace 095, 120 8. pracovník – vkládání skupin do přípravku na dopravníkový pás u automatické lepicí stanice 9. pracovník – odebrání světlometu z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety u aut. lepicí stanice

10	<ol style="list-style-type: none"> 1. pracovník – operace 020, 025 2. pracovník – operace 030 3. pracovník – operace 040 4. pracovník – operace 050 5. pracovník – operace 060 6. pracovník – operace 070, 080 7. pracovník – operace 090 8. pracovník – operace 095, 120 9. pracovník – vkládání skupin do přípravku na dopravníkový pás u automatické lepicí stanice 10. pracovník – odebrání světlometu z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety u aut. lepicí stanice
13	<ol style="list-style-type: none"> 1. pracovník – operace 020 2. pracovník – operace 025 3. pracovník – operace 030 4. pracovník – operace 040 5. pracovník – operace 050 6. pracovník – operace 060 7. pracovník – operace 070 8. pracovník – operace 080 9. pracovník – operace 090 10. pracovník – operace 095 11. pracovník – operace 120 12. pracovník – vkládání skupin do přípravku na dopravníkový pás u automatické lepicí stanice 13. pracovník – odebrání světlometu z dopravníkového pásu a provedení finální kontroly a vložení do palety u aut. lepicí stanice

5 Technicko-ekonomické zhodnocení účinnosti navrženého modelu

Technické hodnocení navrženého modelu montáže je přínosem z hlediska zvýšení automatizace a menšího počtu lidí. Kvůli zvýšení automatizace se ovšem zvýší pořizovací náklady linky. Ke standardním pracovištím přibyl dopravníkový pás, 5 robotů a řídicí systém celé lepicí stanice. Rozdíl počtu kusů je znázorněn v grafu 4.

Porovnání rozdílu počtu kusů a výsledným ziskem z tohoto rozdílu s náklady na zhotovení automatické lepicí stanice v tomto případě nebude přesné z hlediska toho, že lze počítat pouze s předkalkulovanými cenami. Linka se odepisuje 3 roky. V investici na pořízení automatické lepicí stanice jsou zahrnuty celkové náklady linky tj. náklady na přípravky jednotlivých pracovišť, náklady na roboty, řídicí stanici, dopravníkový pás, atd. viz tab. 8.

Tab. 8 Náklady lepicí stanice

Název položky	Cena v Kč
Robot IRB ABB	9 350 379,38
Lepení Reinhardt	5 205 600
Dopravníkový systém	1 506 580
Elektrický materiál	545 073
Strojní materiál	1 160 479
Oplocení lepicí stanice	98 660
Plasma zařízení	785 638
Tranformátory - materiál	353 795
Odkládací regály pro světlomety	250 000
Doprava	25 763,12
Montáž	1 218 033
Celkem	20 500 000

Doba návratnosti je počítána dle vzorce: [6]

$$DN = \frac{\sum \text{Investice}}{\text{zisk v Kč za rok}} = \frac{20\,500\,000}{45\,034\,952} = 0,455 = 0,5 \text{ roků}$$

Dle výpočtu je vidět, že doba návratnosti je půl roku, ale je zde počítáno s náklady na celou automatizovanou lepicí linku. Doba návratnosti na polovinu linky by tedy byla 3 měsíce. Detailní informace o výpočtu doby návratnosti, nákladů a zisků si firma nepřeje zveřejňovat.

Z porovnání nově navržené automatické lepicí linky a linky s oddělenou montáží podskupin plyne, že při stejném počtu pracovníků se produkce zvýší ročně o 20%. Při stejném počtu kusů se sníží počet pracovníků o 2. V tab. 9 jsou vyjádřeny počty vyráběných kusů po optimalizaci výrobní linky.

Z původní linky s oddělenou montáží podskupin zůstanou 3 roboti a dopravníkový pás, které se využijí při montáži nové výrobní linky nebo budou určeny jako náhradní díly.

Tab. 9 Počty vyráběných kusů v jednotlivých letech po
optimalizaci výrobní linky při obsluze 10 pracovníky

Rok	Počet kusů	Růst v %
2006	226 560	0
2007	283 200	25
2008	283 200	0
2009	338 609	20

Závěr

Nově optimalizovaná lepicí montážní linka vyrobí při deseti pracovnících 338 609 kusů ročně. Při srovnání s linkou s oddělenou montáží podskupin, která byla aplikována ve výrobním procesu v našem závodě, se produkce zvýší o 55 409 kusů světlometů ročně a současně se sníží takt lepicího zařízení o 19 %. Počet pracovníků na optimalizované lepicí montážní lince se sníží o 2.

Druhou optimalizací (na základě mé diplomové práce), zavedením nové lepicí montážní linky do výroby by došlo k navýšení výroby o 20 %.

Vyšší náklady na pořízení nových zařízení v případě realizace, vzhledem k velmi krátké době návratnosti, cca 0,5 roku, nebudou představovat zásadní problém. Podmínkou je však okamžitá realizace nebo alespoň realizace v krátkém časovém horizontu – letos. Je nutné maximálně využít obchodních příležitostí, které vznikly zejména zásahy vlád jednotlivých zemí (šrotovné) s ohledem na hospodářskou krizi.

Na základě výše uvedeného doporučuji montážní linku automobilových světlometů koncepčně navrhovat stejně jako plně automatizovanou lepicí montážní linku.

Literatura

- [1] HENRISCHK, Wolfgang. *Scheinwerfer konstruktionsleitfaden*, Februar 1996.
- [2] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů technologické projekty*, PC – DIR Real, s.r.o., Brno, 1987. ISBN 80-214-1472-3.
- [3] *Standard zur Scheinwerfer Montage*, HELLA, 2002. 82 s.
- [4] *Vnitropodnikový dokument - Plánování experimentů*, HP-C-514-03, HELLA, 2003. 22 s.
- [5] LÍBAL, V. A KOL. *Organizace a řízení výroby*. 7.vyd. Praha: SNTL 1989. 559 s.
- [6] BASL, Josef. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*, ZÚ v Plzni, Plzeň 2002. ISBN 80-7082-936-2.
- [7] VLK, František. *Automobilová elektronika 2, Systémy řízení podvozků a komfortní systémy*, Brno 2006. ISBN 80-239-7062-3.

Seznam obrázků

Obr. 1 Modelový rozpad světloometu	12
Obr. 2 Oboustranná lepicí stanice vyrobí při deseti lidech 251 226 ks	15
Obr. 3 Linka s oddělenou montáží podskupin vyrobí při deseti lidech 283 200 ks.....	15
Obr. 4 Spojitá montážní linka vyrobí při deseti lidech 259 600 ks	15
Obr. 5 Lepicí stanice s oddělenou montáží podskupin	19
Obr. 6 Linka s plně automatizovanou lepicí stanicí.....	21
Obr. 7 Schematické znázornění malého a velkého odkládacího regálu	22

Seznam tabulek

Tab. 1 Porovnání montážních linek	13
Tab. 2 Výroba světlometů v jednotlivých letech včetně předpokladu pro rok 2009	18
Tab. 3 Spotřeba času montáže podskupin.....	24
Tab. 4 Spotřeba času automatické lepicí stanice	27
Tab. 5 Porovnání automatické lepicí linky a pracovišť 20 -120.....	29
Tab. 6 Porovnání montážních linek	30
Tab. 7 Přidělení pracovníků k jednotlivým pracovištím.....	31
Tab. 8 Náklady lepicí stanice.....	33
Tab. 9 Počty vyráběných kusů v jednotlivých letech po optimalizaci výrobní linky při obsluze 10 pracovníky	34

Seznam grafů

Graf 1 Porovnání možnosti výroby počtu kusů při počtu deseti pracovníků.....	14
Graf 2 Objem prodeje zákazníkům od ledna do března 2009.....	17
Graf 3 Výroba světlometů v jednotlivých letech včetně předpokladu pro rok 2009	18
Graf 4 Porovnání montážních linek	30
Graf 5 Počet vyrobitelných světlometů na příslušných linkách při 10 pracovnících	30

Seznam příloh

P 1 Měření a výpočty taktů jednotlivých pracovišť

